

Основна частота ω буде при $k=1$, тобто

$$\omega_1 = \frac{\pi a}{l} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{T_0}{m}}. \quad (16)$$

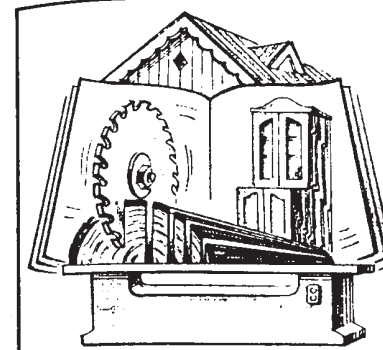
Визначимо для мобільної канатної установки частоти коливань несучого, тягового і вантажопідіймального канату. При цьому для несучого канату розглядається ділянка, що знаходиться між вантажною кареткою і опорою, для тягового і вантажопідіймального ділянка – між обвідними блоками. На практиці часто визначають величини, що не залежать від початкових умов, це: швидкість розповсюдження хвилі, основна частота ω , форми коливань $\sin \frac{\pi k x}{l}$ і вузлові точки.

Для прикладу наведено графічний аналіз залежностей (10) і (11) (рис. 2). Аналіз виконано для випадку: канат ГОСТ-2688, $Q = 32 \text{ кН}$, $l = 200 \text{ м}$, $\frac{f}{l} = \frac{1}{20}$, запас міцності несучого канату $n = 2,0$. Розрахунки виконано за допомогою пакету програм "Mathematical For Windows 2.2".

Знаючи характер коливань канату, можна правильно вибрати його натяг, швидкість руху каретки і вантажопідіймальність для забезпечення оптимальних умов роботи канатної установки.

Література

1. Гаврилов А.Ф. Сравнительная оценка вариантов транспортировки леса в горах// Лесная промышленность. – 1974, №6. – С. 19-21.
2. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотransпортних установок. Монографія. – К.: Ясмина, 1996. – 175 с.
3. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Балера Й.С. Підвісні канатні лісотransпортні системи. – К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.
4. Боратинський О.В. Обґрунтування основних параметрів і розробка рекомендацій для експлуатації мобільних канатних лісотransпортних установок// Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.6. – С. 16-19.
5. Бутенни П.В. Введение в аналитическую механику. – М.: Наука, 1971. – 326 с.



Розділ III

ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

УДК 669.15

Проф. В.М. Голубець, д.т.н.; аспір. О.В. Білоус – УкрДЛТУ

ПОБУДОВА РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ ПРИ РІЗАННІ ДЕРЕВИНИ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ СТАЛІ У8 З КОМПЛЕКСНИМ ПОКРИТТЯМ

Представлено побудову регресійної моделі дослідження процесу зношування при різанні деревини інструментом із сталі У8 з комплексним покриттям. На ЕОМ проведена оптимізація режимних параметрів шляхом ітерацій, яка показала, що найменше значення інтенсивності зношування $I_3 = 18,821 \times 10^{-3} \text{ мг/км}$ спостерігається при значенні швидкості різання $V = 9 \text{ м/с}$ і питомому навантаженні $P = 10 \text{ Н}$. При збільшенні швидкості різання і навантаження процес точіння деревини покращується, інтенсивність зношування інструменту з комплексним покриттям зменшується і відповідно продуктивність деревообробки підвищується.

V.M. Holubets, O.V. Bilous – USUFWT

Building the regressive model to research the threadbare process during cutting of wood with steel instrument (steel Y8) with complex covering

In this work presented the building of regressive model to investigate the threadbare process during cutting of wood with steel instrument (steel Y8) with complex covering. On computer was conducted optimization of regimen parameters by iteration way, which shown, that least significance of the threadbare intensity $I_3 = 18,821 \times 10^{-3} \text{ мг/км}$ we observe during significance speed cutting $V = 9 \text{ m/c}$ and specific weight $P = 10 \text{ H}$. During increasing speed cutting and weight process of sharpness wood get better, threadbare intensity instrument with complex covering decrease and accordingly timber productivity increase.

Досліди на зношування при фіксованих значеннях питомого навантаження і швидкості ковзання не несуть достатньої інформації про придатність досліджуваного покриття для зміцнення ріжучого інструменту. Необхідна більш широка інформація про вплив перерахованих та інших факторів на інтенсивність зношування.

Відомо, що третя ініціює в поверхневому шарі інструменту розвиток цілої гами фізико-хімічних, фазових, дифузійних і деформаційних процесів, які настільки складно взаємозв'язані, що кількісний опис цих явищ, виходячи з основних положень фундаментальних наук, є неможливим. При дослідженні процесів тертя і зношування будь-яких спряжень, в тому числі і сталюго дереворізного ін-

Технологія та устаткування деревообробних підприємств

струменту з комплексним бінарним покриттям після ЕІЛ і лазерної обробки по деревині, необхідною умовою експерименту є встановлення зв'язку між величиною інтенсивності зношування, з одного боку, і параметрами цього процесу (питомого навантаження і швидкості різання), з другого. Встановити такий зв'язок можна, побудувавши регресійну модель.

Емпіричні закономірності зв'язку умов випробування з величиною інтенсивності зношування виконані нами для інструментальної сталі У8.

Матеріали і методика досліджень. Досліджували інтенсивність зношення розробленого бінарного покриття, нанесеного комплексним методом (ЕІЛ+ОКГ) на сталь У8, при моделюванні процесу різання зразків із дуба (вміст вологи 12 %).

Процес різання зразків з дуба діаметром 100 мм і шириною 25 мм тестували (моделювали процес різання) на машині тертя МТ-68 в парі із сталіним різцем, який мав форму чотиригранної піраміди з кутом при вершині 45°. Швидкість різання становила 3, 6 і 9 м/с (відповідно шлях різання 0,9; 1,8 і 2,7 км), навантаження дорівнювало 10, 20 і 30 Н. Досліди проводили при поєднанні обертового і зворотно-поступальних рухів. Тривалість точіння становила 300 секунд. Різці зважували до і після випробувань і визначали інтенсивність зносу (I_z , мг/км). Результати досліджень зведено в табл. 1.

Табл. 1. Інтенсивність зношення різців з комплексним покриттям на сталі У8 залежно від режимів різання

Швидкість V, м/с	Навантаження P, Н	Інтенсивність зношення I_z , мг/км
		сталь У8+(ЕІЛ+ОКГ)
3	10	0,095
6	10	0,025
9	10	0,004
3	20	0,180
6	20	0,025
9	20	0,009
3	30	0,800
6	30	0,450
9	30	0,030

За представленими в табл. 1 результатами випробувань побудована регресійна модель впливу умов випробувань – питомого навантаження P і швидкості різання V – на інтенсивність зношування пари "дереворізальний інструмент – деревина".

Статистичний аналіз результатів експерименту. У результаті попередніх досліджень встановлено, що інтенсивність зношування є випадковою величиною і підлягає нормальному розподілу. Перевірку розподілу здійснювали за допомогою критерію Пірсона:

$$\chi^2_{\text{пор}} = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - p_i N)^2}{p_i N}, \quad (1)$$

де: N – об'єм вибірки; m_i – частота попадання в i-му інтервалі; $P_i = \Phi(z_2) - \Phi(z_1)$ – теоретична імовірність появи випадкової величини.

Статистичний аналіз результатів експерименту проводили у такій послідовності (результати аналізу подано у табл. 2):

Табл. 2. Статистична обробка результатів експерименту у випадку застосування сталі У8 з комплексним покриттям

Швидкість різання V, м/с	Питоме навантаження P, Н	Інтенсивність зношування, $I_z \times 10^{-3}$, мг/км						Дисперсія, S^2	Середньоквадратичне відхилення, S	Коефіцієнт варіації, V	Середньоквадратичне відхилення, Si	Показник точності, P
		I_{z1}	I_{z2}	I_{z3}	I_{z4}	I_{z5}	I_{z6}					
3	10	94,03	93,100	95,95	96,90	95,000	95,000	3,0211	1,7381	1,8296	0,8691	0,91
6	10	24,75	24,620	25,25	25,50	25,000	25,000	0,1719	0,4146	1,6586	0,2073	0,83
9	10	3,91	3,930	4,07	4,08	4,000	4,000	0,0081	0,09	2,2488	0,045	1,12
3	20	179,10	176,100	181,80	183,20	180,000	180,000	9,83	3,1353	1,7418	1,5676	0,87
6	20	26,64	24,500	23,85	25,21	25,000	25,000	1,4321	1,1967	4,7868	0,5983	2,39
9	20	8,87	8,820	9,12	9,18	9,000	9,000	0,032	0,179	1,9884	0,0895	0,99
3	30	792,00	784,000	808,00	816,00	800,000	800,000	213,33	14,606	1,8257	7,303	0,91
6	30	441,00	436,500	459,00	463,50	450,000	450,000	175,5	13,248	2,9439	6,6238	1,47
9	30	28,50	28,800	31,20	31,50	30,000	30,000	2,46	1,5684	5,2281	0,7842	2,61

- визначали середнє значення вибірки

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i; \quad (2)$$

- визначали дисперсію

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2; \quad (3)$$

- середньоквадратичне відхилення

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (4)$$

Для оцінки змінюваності (варіації) випадкових величин використовували коефіцієнт варіації

$$V = \frac{S}{\bar{y}} 100\%. \quad (5)$$

Визначали середньоквадратичну похибку середнього значення

$$S_y = \frac{S}{\sqrt{N}}. \quad (6)$$

Показник точності дослід (середнього значення)

$$P = \frac{S_y}{\bar{y}} 100\% = \frac{V}{\sqrt{N}}. \quad (7)$$

Визначали необхідну кількість дубльованих спостережень у кожному досліді основного експерименту за формулою:

$$n \geq \frac{V^2 t(a, f)^2}{p^2}, \quad (8)$$

прийнято $n = 4$.

Відкидали грубі промахи за t -критерієм Стюдента.

Перевірку однорідності дисперсій у досліді проводили за G -критерієм Кохрена. Розрахункове значення критерію Кохрена розраховували за формулою:

$$G_p = \frac{S_{jmax}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}, \quad (9)$$

де S_{jmax} – найбільша дисперсія у досліді.

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії. За допомогою ЕОМ знаходили вид рівняння регресії, яке б адекватно описувало об'єкт досліджень. З усіх варіантів (показникова залежність, експоненціальна залежність, поліном першого порядку, поліном другого порядку, поліном третього порядку) найбільш близьким до реального об'єкту виявився варіант з використання поліному другого порядку.

Рівняння регресії, яке можна отримати в результаті проведених досліджень, має вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (10)$$

де: b_0 – вільний член; b_i – лінійний коефіцієнт; b_{ij} – взаємодія факторів ($i \neq j$); b_{ii} – квадратичний коефіцієнт.

Для матеріалу дереворізального інструменту із сталі У8 загальний вигляд регресійної моделі такий:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{11 \cdot 2} x_1^2 x_2 + b_{22 \cdot 1} x_2^2 x_1 \quad (11)$$

Перевірку адекватності математичної моделі здійснювали за допомогою критерія Фішера.

До цього розраховували дисперсію адекватності математичної моделі:

$$S_{ao}^2 = \frac{n}{f_{ao}} \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - y_j^p)^2, \quad (12)$$

де: n – кількість дубльованих спостережень; f_{ao} – кількість степенів волі дисперсії адекватності; N – кількість дослідів; P – кількість оцінюваних коефіцієнтів рівняння регресії; $\bar{y}_j$ – середнє значення результатів експерименту в досліді; y_j^p – розраховане за рівнянням регресії значення вихідної величини.

Розрахункове значення критерію Фішера $F_{розн} = S_{ao}^2 / S_y^2$ порівнювали з табличним значенням критерію, яке залежить від рівня значимості q , числа ступенів вільності дисперсії адекватності f_{ao} та числа незалежних оцінок дисперсій f_y . Якщо $F_{розн} < F_{табл}$, тоді модель вважалась адекватною і могла бути використана для опису об'єкта. В протилежному випадку модель вважалась неадекватною.

Умова $F_{розн} < F_{табл}$ виконується, тому модель можна вважати адекватною для режиму різання інструментом із сталі У8 з комплексним покриттям.

Отримано коефіцієнти рівняння регресії для моделі виду (11), значення яких подано в табл. 3.

Табл. 3. Коефіцієнти рівняння регресії

b_0	1130.47476	b_{11}	8,79169218
b_1	-193,829959	b_{22}	4,22958077
b_2	-125,565266	$b_{11 \cdot 2}$	-0,31916669
b_{12}	15,6069166	$b_{22 \cdot 1}$	-0,43634837

Підставивши коефіцієнт регресії з табл. 3 у рівняння (11), отримаємо для відповідних значень швидкості різання V та питомого навантаження P розрахункові значення інтенсивності зношування I_z (табл. 4). Для випадку полінома 2-го порядку сума квадратів відхилень інтенсивностей зношування $I_{зексп.}$ та $I_{зрозн.}$ мінімальна і становить $2625,316981 \times 10^{-3}$ мг/км.

Табл. 4. Обчислення суми квадратів відхилень

$V, \text{ м/с}$	$P, \text{ Н}$	$I_{зексп} \times 10^{-3}, \text{ мг/км}$	$I_{зрозн} \times 10^{-3}, \text{ мг/км}$
3	10	95,000	103,993515
6	10	25,000	27,00730847
9	10	4,000	18,82155794
3	20	180,000	163,9840453
6	20	25,000	60,31679663
9	20	9,000	2,683E-11
3	30	800,000	808,0817076
6	30	450,000	431,9243932
9	30	30,000	41,66752718
		сум. кв.	2625,316981

Використовуючи рівняння регресії (11) та коефіцієнти регресії з табл. 3, проведено табулювання отриманої залежності (табл. 5).

Табл. 5. Результати табулювання функції

P/V	3	4	5	6	7	8	9
10	103,99	61,798	30,80266	11,0073085	2,41200767	5,0168	18,822
20	163,98	124,61	90,055829	60,3167966	35,39448086	15,289	3E-11
30	808,08	684,26	558,87678	431,924393	303,405388	173,32	41,668

Аналіз отриманих рівнянь регресії для дереворізального інструменту із сталі У8 з комплексним покриттям. Загальний вигляд отриманого регресійного рівняння у координатах (V, P) можна записати наступним чином:

$$I_z = 1130,5 - 193,8V - 125,5P + 15,6VP + 8,8V^2 + 4,2P^2 - 0,3V^2P - 0,4P^2V. \quad (13)$$

Згідно з даними табл. 5 побудовані графічні залежності інтенсивності зношування I_z від величин швидкості різання V і питомого навантаження P (рис. 1, 2, 3).

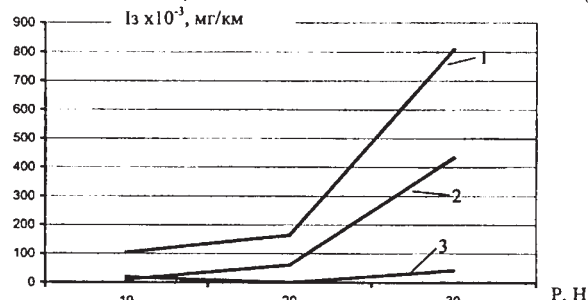


Рис. 1. Залежність інтенсивності зношування I_z для сталі У8 з комплексним покриттям від питомого навантаження P при різних швидкостях різання V : 1 – $V = 3$ м/с; 2 – 6 м/с; 3 – 9 м/с

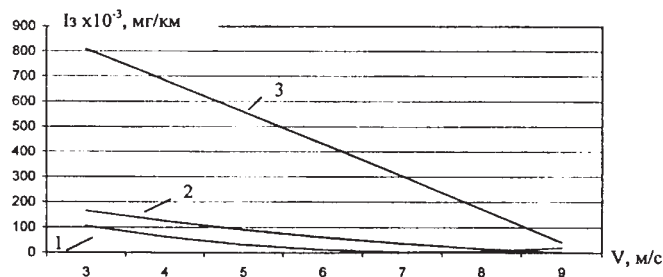


Рис. 2. Залежність інтенсивності зношування I_z для сталі У8 з комплексним покриттям від швидкості різання V при різних питомих навантаженнях P : 1 – $P = 10$ Н; 2 – 20 Н; 3 – 30 Н

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок про те, що у всіх випадках простежується закономірність зменшення інтенсивності зносу (I_z) залежно від збільшення швидкості різання. При швидкості різання ($V=3$ м/с) і навантаженні ($P=30$ Н) різець спрацьовується інтенсивніше, ніж при $V=9$ м/с і $P=30$ Н, що можна пояснити тим, що волокниста неоднорідна структура сухої деревини чинить опір проникненню різця. Але із збільшенням швидкості різання ефективність

різання деревини зростає, зносостійкість різця підвищується. Цьому значною мірою сприяє той факт, що при проникненні різця в структуру деревини відбувається процес пружної деформації, волокна деревини натягуються, стискаються, згрупповуються, а потім під дією різця ріжуться. При подальшому збільшенні швидкості різання волокна не встигають стискатися і згрупповуватися, вони відразу перерізуються і відповідно покращується процес різання.

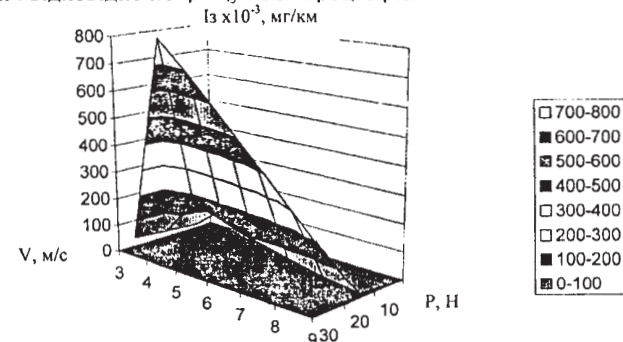


Рис. 3. Діаграми інтенсивності зношування I_z для сталі У8 з комплексним покриттям залежно від питомого навантаження P і швидкості різання V

Відомо, що при різанні деревини відбуваються складні процеси, утворюється зона деформації, відбувається відокремлення стружки і її деформування, виникають сили, які долають тертя елементів стружки і різця між собою і об деревину. У цих процесах велику роль відіграє порода і вологість деревини, напрям різання, товщина стружки, ступінь затуплення різця, швидкість різання і подача, ступінь натиску на деревину перед різцем, форма леза різця (площа контакту) і т.д. Вплив кожного з перерахованих факторів на процес точіння важко визначити, тому переважно оперують сумарною силою, яку необхідно прикласти для подолання всіх опорів, що виникають при різанні деревини.

На ЕОМ проведена оптимізація режимних параметрів шляхом ітерацій, яка показала, що найменше значення інтенсивності зношування простежується при значенні швидкості різання $V = 9$ м/с і питомому навантаженні $P = 10$ Н.

При збільшенні швидкості різання процес точіння деревини покращується, інтенсивність зношування інструменту з комплексним покриттям зменшується і відповідно продуктивність деревообробки підвищується.

УДК 674.815-41

Доц. В.В. Шостак, д.т.н. – УкрДІТУ

РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ЛІНІЇ ПРЕСУВАННЯ ДЕРЕВНОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Встановлено, що тривалість відновлення підчастини електричних машин має розподіл Гіссенка-Вейбулла, а підчастини електричних апаратів має експоненціальний розподіл. Визначені імовірності відмов кожної з підчастин та імовірність одночасної відмови обох підчастин.